

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT

97656

C (45) Patentti myönnetty
Patent meddelat 27 01 1937

(51) Kv.1k.6 - Int.c1.6

H 03F 3/45, 1/32

S U O M I - F I N L A N D

(F1)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- og registerstyrelsen

(21) Patenttihakemus - Patentansöknings

951622

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

05.04.95

(24) Alkupäivä - Lördag

05.04.95

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

06.10.96

(44) Nähtäväsipanon ja kuul.julkaisun pvm. -
Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad

15.10.96

(71) Haki ja - Sökande

1. Nokia Telecommunications Oy, Mäkkylän puistotie 1, 02600 Espoo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Dekker, André, Urpiaisentie 13, 90540 Oulu, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Kolster Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Linearisointikytkentä

Linearisationskrets

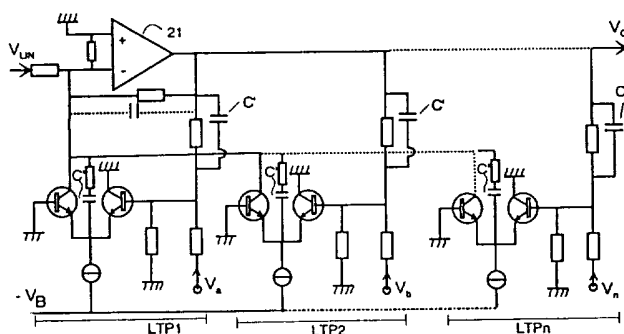
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 511707 (H 03F 1/32), EP A 510704 (H 03G 1/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Jänniteohjattu epälineaarinen vahvistin/vaimennin sijoittamalla linearisoijan operaatiovahvistimen (21) takaisinkytkentähaaraan epälineaarinen piiri, joka käsittää yhden tai useampia differentiaali vahvistimia kytkettynä rinnan. Esim. yksi (LTP1) on pienen vahvistuksen omaava vahvistin, jonka eksponentiaalinen alue on ohjausjännitealueen (V_{LIN}) alapäässä ja toinen on suuren vahvistuksen omaava vahvistin, jonka eksponentiaalinen alue on ohjausjännitealueen yläpäässä. Käyttämällä takaisinkytkentähaarassa tarpeellista lukumäärää (n) differentiaali vahvistimia voidaan epälineaarisen komponentin epälineaarisuus kompensoida halutussa määrin.

En spänningsstyrd olinjär förstärkare/dämpare, genom placering av en icke linjär krets i linjäricerarens operationsförstärkares (21) återkopplingsgren, och som omfattar en eller flere parallellkopplade differentialförstärkare. T.ex. en (LPT1) är en förstärkare med liten förstärkning, vars exponentialområde ligger i styrspänningsområdets (V_{LIN}) nedre ände och en annan förstärkare med stor förstärkning, vars exponentialområde ligger i styrspänningsområdets övre ände. Genom att i återkopplingsgrenen använda ett behövt antal (n) differentialförstärkare kan den olinjära komponentens olinjärhet kompenseras i önskad grad.



Linearisointikytkentä

Tämän keksinnön kohteena on linearisointikytkentä, joka käsittää vahvistimen ja sen takaisinkytkentähaaraan sijoitetun kompensoivan epälineaarisuusosan. Vahvistimen tuloon johdettu lineaarinen ohjausjännite muutetaan linearisointikytkennässä siten, että muutetulla ohjausjännitteellä ohjatun epälineaarisen elimen epälineaarisuus saadaan olennaisilta osiltaan kompensoitua siten, että epälineaarisen elimen lähtöjännite on olennaisilta osiltaan lineaarisesti riippuva lineaarisesta ohjausjännitteestä.

Radiolaitteiden lähettimissä käytetään jänniteohjattuja komponentteja kuten RF-vaimentimia ja -vahvistimia, joiden vaimennuksen/vahvistuksen tulisi säätöalueella olla lineaarisesti riippuvainen säätöjännitteestä. Tyypillinen sovellus on tehonsäätösilmukka, jossa lähettimen vahvistimeen tulevalla RF-signaalilla on olennaisesti vakio tuloteho ja vahvistimen lähtösignaalin tehoa on säädettävä laajassa alueessa mikrosekuntia lyhyemmässä ajassa. Useimpien jänniteohjattujen komponenttien ominaiskäyrä on epälineaarinen, ts. ilman erityisiä linearisointitoimenpiteitä noudattaa vaimentimen vaimennus G eli lähtöjännitteen V_{out} suhde tulojännitteeseen V_{in} ohjaustasajännitteen V_c funktiona kuvan 1 mukaista kuvaajaa. Ohjausjännitteen kasvaessa nolla-arvosta kuvaajalla on aluksi vuotoalue 1, jossa vaimennuksella G on minimiarvo. Se on lähes riippumaton ohjausjännitteestä V_c . Ohjausjännitteen kasvaessa siirrytään ensimmäiselle lineaariselle siirtymäalueelle 2, jossa vaimennus muuttuu lineaarisesti ohjausjännitteen muuttuessa. Seuraavaksi tullaan eksponentiaaliseen tai desibeleissä katsottuna lineaariseen alueeseen 3, jossa vaimennus on ohjausjännitteen eksponentiaalinen funktio. Ohjausjännitteen edelleen kasvaessa siirrytään toiselle lineaariselle siirtymäalueelle 4, jossa vaimennus muuttuu taas lineaarisesti ohjausjännitteen muuttuessa.

Viimeinen alue on kyllästysalue, jossa vaimennuksella on maksimiarvo, joka on lähes riippumaton ohjausjännitteestä.

Useimmissa sovelluksissa vaaditaan jänniteohjatuilta komponenteilta lineaarisuutta. Tämä voidaan tunnetusti saavuttaa käyttämällä erityistä linearisointikytkentää. Linearisointikytkennän tarkoitus on se, että se muuntaa siihen syötetyn lineaarisen ohjausjännitteen epälineaariseksi ohjausjännitteeksi, jonka ominaiskäyrä on käänteinen jänniteohjatun komponentin ominaiskäyrään nähden, jolloin kombinaationa saadaan lineaarinen jänniteohjatun komponentin ominaiskäyrä.

Kuvassa 2 on esitetty alalla tunnetun tyyppillisen inverttoivan linearisointikytkennän toimintaperiaate. Epälineaarinen piiri 22 sijoitetaan suuren vahvistuksen omaavan epälineaarisen operaatiovahvistimen 21 takaisinkytkentähaaraan. Vahvistimen tulona on linearisoitava jännite V_{LIN} ja lähdöstä saadaan epälineaarinen ohjausjännite V_c , joka jänniteohjatulle vaimentimelle/vahvistimelle 23 vietyinä kompensoi sen epälineaarisuuden G .

Jotta epälineaarisuus G voitaisiin kompensoida, sen olisi oltava joko monotonisesti nouseva tai monotonisesti laskeva ohjausjännitteen V_c funktio, jolloin sitä voidaan kuvata seuraavalla kaavalla (1):

$$G(V_c) = g_{00} \pm g_{01}(A \cdot (V_c - V_{01})) = g_{00} \pm g_{01}(V_0) \quad (1)$$

jossa g_{00} on vakio ja on g_{01} jokin monotonisesti nouseva funktio. Tekijä V_{01} on siirtotekijä ja tekijä A on skaalustekijä, joita käytetään, jos halutaan ilmaista epälineaarisuus G V_0 -jännitteen funktiona. Epälineaarinen piiri 22, jota voidaan nimittää kompensoivaksi epälineaarisuudeksi, tuottaa takaisinkytkentävirran $I_0 = I_{00} \pm I_{01}(V_0)$, jossa I_{00} on vakio-osa ja I_{01} on jännitteestä V_0 riippuva osa. Jännite V_0 on saatu lähtöjännitteestä V_c , kun sitä on skaalattu tekijällä A ja siirretty termillä V_{01} .

Skaalaus ja siirto voidaan suorittaa vastusverkoilla. Plusmerkkiä käytetään, jos kyseessä on ei invertoiva vahvistin ja miinusmerkkiä, jos on kyseessä invertoiva vahvistin. Epälineaarisuutta I_{01} nimitetään "kompensoivaksi epälineaarisuudeksi" kun taas funktiota g_{01} voidaan nimit-
 5 tää "kompensoitavaksi epälineaarisuudeksi". Jos vahvistimen 21 vahvistus on ääretön, se yrittää saattaa tulonapojen jännitteet yhtä suuriksi, niin että pätee

$$10 \quad V_{LIN} = (I_{00} \pm I_{01}(V_0))R \quad (2)$$

josta verrattaessa kaavaan (1) havaitaan, että G on V_{LIN} :n lineaarinen funktio mikäli $I_{01}(V_0)$ on $g_{01}(V_0)$:n lineaarinen funktio. Termeillä I_{00} ja g_{00} ei ole vaikutusta linea-
 15 risointiin, ne aiheuttavat vain kiinteään siirtymän, jolloin kompensointivaatimukseksi tekijälle I_{01} tulee:

$$I_{01}(V_0) = p + q - g_{01}(V_0),$$

20 jossa p ja q ovat mielivaltaisia vakioita.

Suuntaus nykyisissä jänniteohjatuissa vaimentimissa on tehdä eksponentiaalinen alue (so. "dB-lineaarinen" alue) niin suureksi kuin mahdollista ja minimoida lineaarinen alue. Eräissä vaimentimissa on toinen lineaarinen
 25 alue 4, kuva 1, hyvin kapea ja vahvistus alueella 3 nousee paikoin jopa eksponentiaalista nopeammin. Tunnetut linearisointikytkennät, esim. tämän patenttihakemuksen keksijän aiemmin esittämät kytkennät, eivät mahdollista tällaisten epälineaaristen komponenttien linearisointia koko ominaiskäyrän osalta, etenkin ei kuvan 1 käyrän alueilla
 30 2, 3 ja 4.

Tämä keksinnön tavoitteena on linearisointikytkentä, jolla ei ole tunnettujen kytkentöjen haittoja. Tavoitteena on aikaansaada epälineaarinen piiri, jonka ominaiskäyrä on mahdollisimman laajalla alueella sama kuin
 35

kompensoitavan epälineaarisuuden ominaiskäyrä.

Tavoite saavutetaan patenttivaatimuksen 1 mukaisella kytkennällä.

Keksinnön mukaisesti epälineaarinen piirin ts. kompensoivan epälineaarisuuden toteus perustuu kuvan 3 mukaiseen sinänsä tunnettuun differentiaalivahvistimeen, josta käytetään jäljempänä nimitystä LTP-kytkentä (Long Tailed Pair). Transistorit Q_1 ja Q_2 ovat sovitettuja pareja, transistorin Q_1 kollektorivirta I_1 on haluttu virta I_{01} ($I_1 = I_{01}$) ja transistorin Q_2 kollektorivirta $I_2 = I_t - I_{01}$. Tällainen LTP-kytkentä tuottaa kaavan (3) mukaisen epälineaarisuuden:

$$I_{01} = 1/2 \cdot I_t \cdot (1 + \tanh(V_0/2V_T)) \quad (3)$$

jossa on I_t on häntävirta, joka on vakiovirtalähteen virta I_t ja samalla kollektorivirtojen summa ja V_T on absoluuttiseen lämpötilaan verrannollinen jännite, noin 26 mV huoneen lämpötilassa. Viitenumerolla 31 on esitetty virtageneraattoria, joka tuottaa vakiovirran I_t . Virtageneraattori on esitetty myös muissa hakemuksen kuvissa samalla kuvasymbolilla. Yhden LTP-kytkennän kuvaajan (ei esitetty) lineaarinen alue on kuitenkin suuri verrattuna eksponentiaaliseen alueeseen, mikä ei riitä kompensoimaan epälineaarisuutta, jonka alue on suuri. Keksinnön mukaisesti muodostetaan operaatiovahvistimen takaisinkytkentähaaraan sijoitettava epälineaarinen piiri yhdistämällä ainakin kaksi LTP-kytkentää, joista toinen on pienen vahvistuksen omaava LTP-kytkentä, jonka eksponentiaalinen alue on ohjausjännitealueen alapäässä ja toinen on suuren vahvistuksen omaava LTP-kytkentä, jonka eksponentiaalinen alue on ohjausjännitealueen yläpäässä. Käyttämällä epälineaarisessa piirissä tarpeellista lukumäärää LTP-kytkentöjä voidaan epälineaarisen komponentin epälineaarisuus kompensoida halutussa määrin.

Erään suoritusmuodon mukaan käytetään modifioitua LTP-kytkentää, jossa peruskytkennän transistorien rinnalla on lisätransistori, jonka kollektori on kytketty peruskytkennän toisen transistorin kollektorille ja emitteri yhteen peruskytkennän transistorien emitterien kanssa. Lisätransistorin kannalla vaikuttaa operaatiovahvistimen lähtöjännite V_c , tosin itsenäisesti siirrettynä ja skaalattuna. Tätä kytkentää nimitetään jäljempänä LTP-plus-kytkennäksi. LTP-plus-kytkennän epälineaarisuusominaisuudet ovat lähes samat kuin kahden LTP-vahvistimen kombinaatiollakin, mutta sillä on eräitä haittoja, jotka esitetään myöhemmin.

Keksintöä selostetaan seuraavassa lähemmin erään keksinnön mukaisen edullisen suoritusmuodon avulla viitaten oheisiin kuviin, joista

- 15 kuva 1 esittää tyypillistä jänniteohjatun vaimentimen ominaiskäyrää,
- kuva 2 esittää linearisointikytkennän tunnettua periaatetta,
- kuva 3 kuvaa LTP-kytkentää,
- 20 kuva 4 esittää kahden LTP-kytkennän kombinaatiota,
- kuva 5 esittää kolmen LTP-kytkennän kombinaatiota,
- kuva 6 kuvaa LTP-plus-kytkentää,
- kuva 7 esittää linearisointikytkentää, jossa on keksinnön mukainen epälineaarinen piiri ja
- 25 kuva 8 esittää linearisointikytkentää, jossa on modifioitu epälineaarinen piiri.

Kuvan 4 mukaisesti LTP-kytkennät, jotka muodostavat kuvan 2 takaisinkytkentähaaran kompensoivan epälineaarisuuselementin, on kytketty rinnan siten, että kummankin LTP-kytkennän tulona on ohjausjännite V_c . Ohjausjännitteeseen V_c tehdään kunkin parin kohdalla yksilölliset skaalaus (A_a , A_b) ja tasonsiirto ($-V_{0a}$, $-V_{0b}$). Parien vasemman puoleisten transistorien, joiden kannalla toiminnallisesti vaikuttaa ohjausjännite V_c , syöttövirtojen I_{01a} , I_{01b} summa on I_1 ja oikeanpuoleisten transistorien syöttövirtojen sum-

ma on I_2 . Vahvistinpari kytketään myöhemmin kuvatulla tavalla linearisointikytkennän takaisinkytkentähaaraan (kuva 2) siten, että takaisinkytkentävirta on I_2 . On myös mahdollista käyttää takaisinkytkentävirtana virtaa I_1 , mutta tällöin täytyisi kuvassa 2 esistetyssä kytkennässä vaihtaa operaatiovahvistimen tulonapojen merkit. Näin syntyy ei-invertoiva linearisoija, jolla kuitenkin on eräs myöhemmin sanottava haitta.

Kuvan 4 kytkennän kuvaajassa (ei esitetty) eksponentiaaalinen alue eli alue, jossa virran I_1 derivaatta jännitteen V_c suhteen jaettuna virralla I_1 on vakio, ts.

$\frac{1}{I_1} \frac{dI_1}{dV_c}$ on vakio, on merkittävästi suurempi kuin kuvan 3

yhden LTP-parin kytkennällä.

LTP-kytkentöjä voidaan kytkeä rinnan mikä tahansa haluttu lukumäärä. Jokainen LTP-kytkentä kompensoi omaa osaansa epälineaarisuudesta, jolloin käyttämällä niitä riittävä määrä on mahdollista saada kompensoitava lineaarisuus miten tarkaksi tahansa. Käyttämällä kolmea LTP-paria kuvan 5 mukaisesti voidaan tuottaa suuri määrä erilaisia epälineaarisuuksia. Kuvan 5 mukainen epälineaarinen piiri on riittävä useimpiin käytännön sovelluksiin.

Käytettäessä useita LTP-vahvistimia saavutetaan useita etuja: kunkin parin säätöparametrit A_n ja V_{on} aikaansaavat itsenäisen vaikutuksen ts. eivät vaikuta muiden parien toimintaan, saatu lineaarisuus ei ole kovin herkkä millekään yksittäiselle säätöparametrille. Lisäksi kokonaisuus on helposti integroitavissa analogiseksi IC-piiriksi.

LTP-vahvistinta voidaan modifioida kuvassa 6 esitetyllä tavalla. Siinä perus-LTP-kytkennän transistorin Q1 rinnalla on lisätransistori Q3, jonka kollektori on kytketty toisen LTP-transistorin Q1 kollektorille ja emitteri on kytketty yhteen peruskytkennän transistorien emittereiden kanssa. Lisätransistorin Q3 kannalla vaikuttaa sama

jännite V_c kuin LTP-transistoreiden kannalla, tosin itenäisesti siirrettynä tekijällä $-V_c$ ja skaalattuna skaalaus-tekijällä A_c . Tätä kytkentää nimitetään seuraavassa LTP-plus-kytkennäksi.

5 LTP-plus-kytkennän epälineaarisuusominaisuudet ovat lähes samat kuin kahden LTP-vahvistimen kombinaatiollakin. Kuitenkin sen mitoitus on hankalampaa, koska säätöparametrit vaikuttavat toisiinsa. Lisäksi herkkyys komponenttien toleransseille ja lämpötilalle on suurempi kuin kahden
10 LTP-kytkennän piirillä.

Käytännön linearisointipiireissä on takaisinkytkentähaaran virran I_{o1} käyrissä tasainen alue. Se on ongelma, sillä se merkitsee, että operaatiovahvistinkytkennässä ei tällä alueella ole takaisinkytkentää. Tilanne pahenee,
15 jos I_{o1} pienenee samalla kun V_c tulee hyvin suureksi. Näin tapahtuu kuitenkin vain ei-invertoivassa linearisointikytkennässä silloin, kun V_c tulee niin suureksi, että jonkin transistorin kanta-kollektori liitos alkaa johtaa. Tämä voi johtaa koko linearisoijan toimintakyvyn menettämiseen.
20 Sen tähden ei ole edullista käyttää LTP-pareja ei-invertoivassa linearisoijassa. Invertoivassa linearisoijassa ovat tasaiset alueetkin helpommin käsiteltävissä. Sitä paitsi käytännön jänniteohjatuissa vaimentimissa on havaittavissa, että ne eivät ole toiminta-alueellaan koskaan täysin tasaaisia. Sen vuoksi voidaan sijoittaa suuri vastus operaatiovahvistimen lähdön ja invertoivan tulon väliin, kuten kuvissa 7 ja 8 on näytetty. Tämä matkii jänniteohjatun vaimentimen tyypillisessä ominaiskäyrässä ensimmäistä
25 lineaarista aluetta 2, joka on esitetty kuvassa 1.

30 Kuvissa 7 ja 8 on esitetty keksinnön epälineaarinen piiri käytännön linearisointikytkennässä. Kuva 7 esittää invertoivaa linearisoijaa, jossa on useita LTP-pareja kun taas kuva 8 esittää linearisoijaa, jossa on LTP-plus-kytkentä. Jännite V_c on epälineaarisen piirin käyttöjännite.
35 Kuvat ovat invertoivin vahvistimin, mutta ei-invertoivan

kytkentä saadaan vaihtamalla vahvistimen + -tulo - -tuloksi ja päinvastoin sekä käyttämällä takaisinkytkennässä niiden transistorien kollektoreja, jotka ovat kuvassa maadoitettu. Lineaarinen takaisinkytkentä on kuitenkin johdettava vahvistimen negatiiviseen tuloon ts. suuri vastus on sijoitettava operaatiovahvistimen lähdön ja invertoivan tulon väliin. Ei-invertoivan rakenne ei ole kuitenkaan suositeltava aiemmin mainituista syistä. Voidaan käyttää myös PNP-transistorein toteutettuja piirejä. Kaikissa näissä piireissä, virtalähde I_c voidaan korvata vastuksella ja sopivalla jännitelähteellä.

Kuvassa 7 on myös esitetty tapoja, joilla voidaan muokata linearisoijan taajuusvastetta. Jotta taajuusvaste olisi mahdollisimman suora eikä piiri värähtelisi kaikilla ohjausjännitteillä, tarvitaan toimintapisteestä riippuva taajuuskompensointi, mikä voidaan toteuttaa kytkemällä kondensaattoreita epälineaariseen osaan. Kondensaattoreita on kuvassa esitetty yleisesti merkinnällä C' .

Kuvien 7 ja 8 jännitteet $-V_{on}$ ovat normaalisti syöttöjännitteitä riippuen siitä, tarvitaanko positiivinen vai negatiivinen offset. Kussakin kuvien LTP-parissa on mahdollista korvata oikean haaran kannalle tuotu offset vasemman haaran transistorin kannalle tuodulla vastakkaismerkkisellä offsetilla. Käytännön kytkennässä on kuitenkin edullisempaa maadoittaa vasemman haaran transistorin kantaa.

On ymmärrettävä, että edellä oleva selitys ja siihen liittyvät kuviot on ainoastaan tarkoitettu havainnollistamaan esillä olevaa keksintöä. Alan ammattimiehille tulevat olemaan ilmeisiä erilaiset keksinnön variaatiot ja muunnelmat ilman että poiketaan oheisissa patenttivaatimuksissa esitetyn keksinnön suojapiiristä ja hengestä.

Patenttivaatimukset:

1. Linearisointikytkentä ohjausjännitteellä ohjatun epälineaarisen komponentin linearisoimiseksi, joka kytkentä muuttaa lineaarisen ohjausjännitteen (V_{LIN}) epälineaariseksi ohjausjännitteeksi (V_c), linearisointikytkennän sisältäessä:

takaisinkytketyn vahvistimen (21), jonka tuloon vaikuttaa lineaarinen ohjausjännite (V_{LIN}) ja jonka lähdöstä saadaan epälineaarinen ohjausjännite (V_c),

takaisinkytkentähaaraan sijoitetun epälineaarisen piirin (22), jonka epälineaarisuus on pääosin sama kuin jänniteohjatun epälineaarisen komponentin epälineaarisuus, t u n n e t t u siitä, että epälineaarinen piiri (22) sisältää ainakin yhden sovitetusta transistoriparista (Q1, Q2) muodostetun differentiaali vahvistimen siten kytkettyä, että parissa:

ensimmäisen transistorin (Q1) kanta on toiminnallisesti liitetty takaisinkytketyn vahvistimen lähtöön, jolloin ensimmäisen transistorin kollektorivirta (I_1) riippuu takaisinkytketyn vahvistimen lähdön jännitteestä,

toisen transistorin (Q2) kanta on toiminnallisesti maadoitettu,

transistorien emitterit on kytketty yhteen ja yhteinen emitterivirta on olennaisesti vakio, jolloin muutos ensimmäisen transistorin kollektorivirrassa aiheuttaa vastakkaisen muutoksen toisen transistorin kollektorivirrassa (I_2),

toisen transistorin (esim. Q1) kollektori on yhdistetty takaisinkytketyn vahvistimen tuloon ja toisen transistorin (esim. Q2) kollektori on yhdistetty maahan.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen linearisointikytkentä, t u n n e t t u siitä, että differentiaali vahvistimen rinnalle on kytketty lisätransistori (Q3) siten, että sen kollektori ja emitteri on yhdistetty ensimmäisen

transistorin (Q1) kollektoriin ja vast. emitteriin ja että myös lisätransistorin kanta on toiminnallisesti kytketty takaisinkytketyn vahvistimen lähtöön.

5 3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen linearisointikytkentä, t u n n e t t u siitä, että differentiaalivahvistimia on kytketty useita rinnan siten, että kunkin parin ensimmäisen transistorin kannalle tuotavalle takaisinkytketyn vahvistimen lähtöjännitteelle (V_c) on suoritettu yksilöllinen skaalaus (A) ja yksilöllinen tasonsiirto (V_n).

10

4. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen linearisointikytkentä, t u n n e t t u siitä, että differentiaalivahvistimen transistorien yhteen kytketyt emitterit on yhdistetty vakiovirtalähteeseen (I_t).

15 5. Patenttivaatimuksen 3 mukainen linearisointikytkentä, t u n n e t t u siitä, että yksilöllisellä skaalauksella ja tasonsiirrolla muokataan epälineaarisen piirin epälineaarisuuskuvaaja vastaamaan linearisoitavan epälineaarisen komponentin epälineaarisuuskuvaajaa, jolloin

20 jokainen differentiaalivahvistin kompensoi omaa osaansa epälineaarisen komponentin epälineaarisuudesta.

Patentkrav

1. Lineariseringskoppling för linearisering av en med styrspänning styrd olinjär komponent, vilken koppling
5 ändrar linjär styrspänning (V_{LIN}) till olinjär styrspänning (V_C), varvid lineariseringskopplingen omfattar:

en återkopplad förstärkare (21), vars ingång tillförs en linjär styrspänning (V_{LIN}) och vars utgång utmatar en olinjär styrspänning (V_C),

10 en i återkopplingsgrenen anordnad olinjär krets (22), vars olinearitet väsentligen motsvarar den spänningsstyrda olinjära komponentens olinearitet,
k ä n n e t e c k n a d av att den olinjära kretsen (22) omfattar åtminstone en differentialförstärkare som består
15 av ett anpassat transistorpar (Q1, Q2) sålunda kopplad att paret har:

den första transistorns (Q1) bas funktionellt kopplad till den återkopplade förstärkarens utgång, varvid den första transistorns kollektorström (I_1) är beroende av
20 spänningen i den återkopplade transistorns utgång,

den andra transistorns (Q2) bas funktionellt jordad,

25 transistorernas emitterar sammankopplade och den gemensamma emitterströmmen väsentligen konstant, varvid en förändring i den första transistorns kollektorström åstadkommer en motsatt förändring i den andra transistorns kollektorström (I_2),

den ena transistorns (t.ex. Q1) kollektor kopplad till den återkopplade förstärkarens ingång och den andra transistorns (t.ex. Q2) kollektor kopplad till jorden.
30

2. Lineariseringskoppling enligt patentkrav 1,
k ä n n e t e c k n a d av att en tilläggstransistor (Q3) är parallellkopplad med differentialförstärkaren, så att tilläggstransistorns kollektor och emitter är kopplade
35 till den första transistorns (Q1) respektive kollektor och

emitter och att även tilläggstransistorns bas är funktionellt kopplad till den återkopplade förstärkarens utgång.

3. Lineariseringskoppling enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a d av att flera differentialförstärkare är parallellkopplade, så att den till basen av den första transistor i varje par förda utgångsspänningen (V_c) från den återkopplade förstärkaren har underkastats en individuell skalning (A) och individuell nivåförskjutning (V_n).

4. Lineariseringskoppling enligt patentkrav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a d av att de sammankopplade emittrarna i differentialförstärkarens transistorer är kopplade till en standardströmkälla (I_t).

5. Lineariseringskoppling enligt patentkrav 3, k ä n n e t e c k n a d av att den individuella skalningen och nivåförskjutningen omformar den olinjära kretsens olinearitetsrepresentant så att den motsvarar olinearitetsrepresentanten för den olinjära komponent som skall lineariseras, varvid varje differentialförstärkare kompenserar sin egen del av den olinjära komponentens olinearitet.

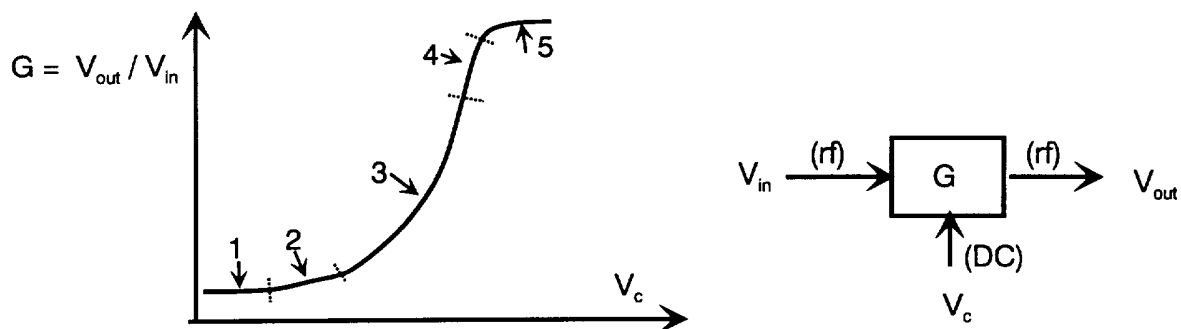


Fig. 1

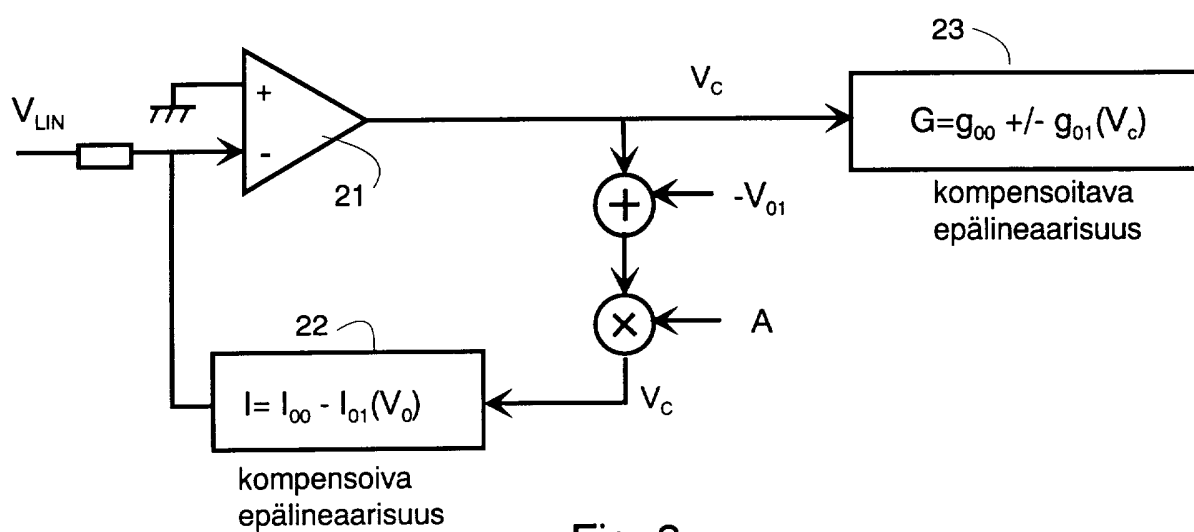


Fig. 2

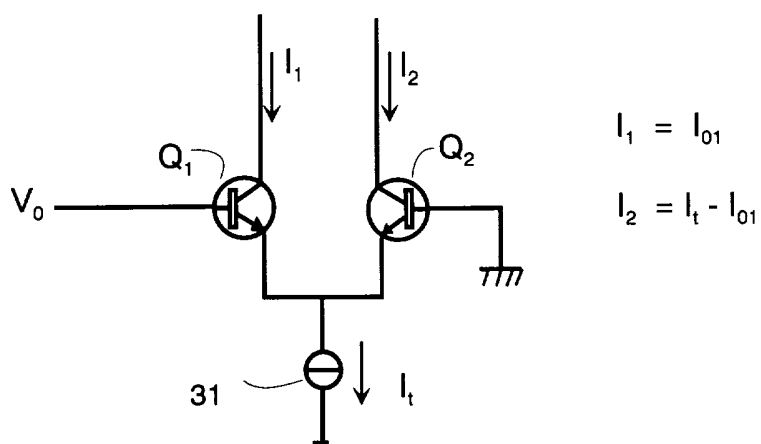


Fig. 3

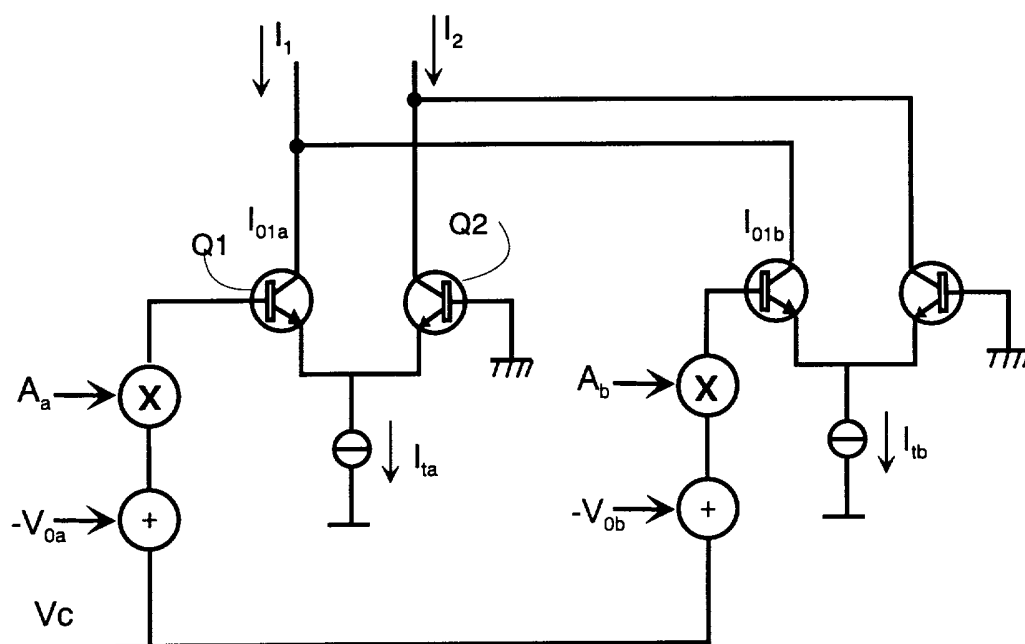


Fig. 4

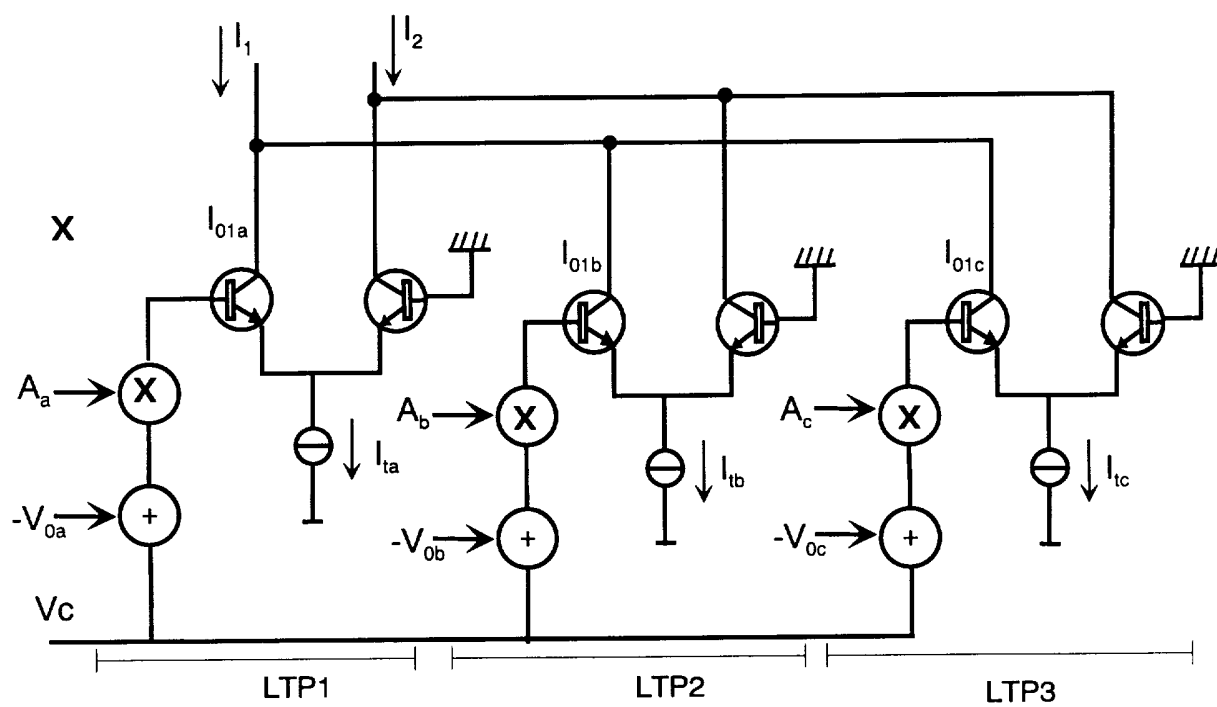


Fig. 5

